

DERWENT-ACC-NO: 1987-273909

DERWENT-WEEK: 198739

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Charging of fuel of nuclear reactor  
- by shuffling fuel  
fuel and exchanging after one operation cycle, replacing  
diagonally arranged pattern

PATENT-ASSIGNEE: GENSHI NENRYO KOGYO KK[GNSH]

PRIORITY-DATA: 1986JP-0031887 (February 18, 1986)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	PUB-DATE	MAIN-IPC	
LANGUAGE				
JP 62190487 A	005	August 20, 1987		N/A
	N/A			

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
JP 62190487A			
1986JP-0031887		N/A	
		February 18, 1986	

INT-CL (IPC): G21C007/00

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 62190487A

BASIC-ABSTRACT:

In a method of charging fuel in a boiling reactor, the core is constituted so that two new fuel rods and one cycle combustion fuel are diagonally arranged in the control rod cell which is not positioned to the periphery of the core and on the centre line by which the core is partitioned into rotary symmetrical quadrants. After one operation the cycle lapses, regarding diagonally arranged cells, shuffling of the fuel takes place effecting one

**BEST AVAILABLE COPY**

cycle combustion in the operation cycle. By replacing fuel, two combustion cycles in total are completed in the operation cycle and with new fuel in the control rod cell, two different diagonally arranged patterns are exchanged with each other at each operation cycle.

USE/ADVANTAGE - Ensures desired cycle operation energy, reactor stop margin, and thermal limit value, and improves shuffling constraint of fuel in shuffling between cycles.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/5

TITLE-TERMS: CHARGE FUEL NUCLEAR REACTOR SHUFFLE FUEL AFTER ONE OPERATE CYCLE  
REPLACE FUEL EXCHANGE DIAGONAL ARRANGE PATTERN

DERWENT-CLASS: K05 X14

CPI-CODES: K05-B04; K05-B06A;

EPI-CODES: X14-C01;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1987-116281  
Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1987-205126

## ⑯ 公開特許公報 (A) 昭62-190487

⑯ Int.Cl.<sup>4</sup>

G 21 C 7/00

識別記号

GDB

庁内整理番号

B-8204-2G

⑯ 公開 昭和62年(1987)8月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑯ 発明の名称 沸騰水型原子炉の燃料装荷方法

⑯ 特願 昭61-31887

⑯ 出願 昭61(1986)2月18日

⑯ 発明者 稲葉 勇三 草加市西町508-2

⑯ 出願人 原子燃料工業株式会社 東京都港区西新橋3丁目23番5号

⑯ 代理人 弁理士 佐藤 正年 外2名

## 明細書

## 1. 発明の名称

沸騰水型原子炉の燃料装荷方法

## 2. 特許請求の範囲

コントロールセルコア (CCC) を形成する沸騰水型原子炉の燃料装荷方法において、コントロールセル (CC) 以外の制御棒セルであって炉心最外周に位置せず且つ炉心をその横断面内で回転対称な複数箇所に区画するセンターライン上に位置しない制御棒セルに、それぞれ新燃料と1サイクル燃焼燃料とを2体ずつ対角配置し、1運転サイクル経過の後、前記対角配置を行ったセルについては該運転サイクルで1サイクル燃焼した燃料のシャフリングを行わずに固定すると共に該運転サイクルで合計2サイクル燃焼済みとなった燃料を新燃料と置換することにより、前記制御棒セルにおいて2種類の対角配置パターンが各運転サイクル毎に交代するよう炉心を構成することを特徴とする沸騰水型原子炉の燃料装荷方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は沸騰水型原子炉の燃料装荷方法に関し、特に沸騰水型原子炉の出力運転時に反応度および出力分布を調整するために用いられる特定のコントロールセル (CC) をいくつか配置したコントロールセルコア (CCC) において、目標とされるサイクル運転エネルギー、炉停止余裕、および熱的制限値を確保し、且つサイクル間シャフリングにおいて燃料のシャフリング拘束を高めることを目的とする沸騰水型原子炉の燃料装荷方法に関する。

## 〔従来の技術〕

沸騰水型原子炉のコントロールセルコアは、第5図に示すように、出力運転状態の原子炉の出力分布と反応度を有する特定のコントロールセルにより行う炉心である。この場合、コントロールセルは比較的燃焼の進んだ低反応度の燃料で構成され、これにより、出力運転中の制御棒操作を行うときの制御棒に隣接した燃料の大きな出力変化に起因する燃料棒の破損の危険性を避けている。低反応

度燃料は、隣接する制御棒を引き抜いても出力があまり高くなることがないので出力変化も小さく、このためにコントロールセルを構成する燃料として選ばれているわけである。一般に全体の30%前後の燃料取替えて炉心を構成している沸騰水型原子炉では、コントロールセルの位置に2サイクルもしくは3サイクル燃焼した燃料が装荷され、またコントロールセル以外の位置については、目標とされたサイクル運転エネルギー、炉停止余裕、および熱的制限値を確保するように、例えば第5図に示すように各燃料が装荷され、この装荷パクーンを繰り返すことにより、平衡サイクル炉心が作成される。尚、第5図においてX印の付いたセルはコントロールセル、各セル内の数字1は新燃料、2は1サイクル燃焼燃料、3は2サイクル燃焼燃料、4は3サイクル燃焼燃料を示し、この例では炉心全体で新燃料1が156体、1サイクル燃焼燃料2が156体、2サイクル燃焼燃料3が156体、3サイクル燃焼燃料4が80体装荷され、コントロールセルは2サイクル以上燃焼したを提供することである。

#### 〔問題点の解決手段〕

本発明の沸騰水型原子炉の燃料装荷方法では、前述の課題を達成するために、コントロールセルコア(CCC)を形成するに際してコントロールセル(CC)以外の制御棒セルであって炉心最外周に位置せず且つ炉心をその横断面内で回転対称な複数象限に区画するセンターライン上に位置しない制御棒セルに、それぞれ新燃料と1サイクル燃焼燃料とを2体ずつ対角配置し、1運転サイクル経過の後、前記対角配置を行ったセルについては該運転サイクルで1サイクル燃焼した燃料のシャーフリングを行わずに固定すると共に該運転サイクルで合計2サイクル燃焼済みとなった燃料を新燃料と置換えることにより、前記制御棒セルにおいて2種類の対角配置パターンが各運転サイクル毎に交代するように炉心を構成するものである。

#### 〔作用〕

本発明においては、新燃料と1サイクル燃焼燃料とを2体ずつ対角配置した制御棒セルについて

燃料で構成されている。

しかしながら、第5図に示すような装荷パクーンでは、各運転サイクル毎に常に同じパクーンを保つために各サイクル間で全ての燃料をシャーフリングする必要があり、燃料交換作業が煩雑となるほか定期点検期間も長くなり、設備利用率向上の面からも好ましくない。

#### 〔発明が解決しようとする問題点〕

本発明の課題は、沸騰水型原子炉のコントロールセルコアの構成に際して、炉停止余裕の確保と最大線出力密度(MLHGR)や最小限界出力比(MCPR)等の熱的制限値の確保を条件に、コントロールセル以外の制御棒セルに対して新燃料と何サイクルか燃焼した燃料との組成をある決められた数にして、燃料交換の際のシャーフリング燃料数を最小限にすることと、サイクル間シャーフリングにおいて燃料のシャーフリング拘束体数を高めて定期点検期間を短縮化することと、シャーフリング拘束によっても運転エネルギー損失を生じないようにしており、そのような燃料装荷方法

2種類の対角配置パターンがサイクル毎に入れ替わるように装荷するので、コントロールセルコアの性能を損なわずにシャーフリング燃料体数を少なくでき、燃料交換作業を単純で能率的なものにすることが可能である。即ち本発明においては、前記対角配置の制御棒セルについてはサイクル間の燃料交換時に直前の運転サイクルで燃焼させた新燃料を次サイクルのためにシャーフリングする必要がなく、また直前サイクル終了時点で2サイクル燃焼を終えたものについてはこれを新燃料で置換えればよく、実質的にこれら対角配置の制御棒セルについてはシャーフリング操作が省略できる。

従って、例えば本発明による装荷方法を平衡サイクルから始めれば、次サイクル以降で2種類の対角配置装荷パターンを交互に継続的に繰り返すことができるようになる。

本発明の一層の理解のために、本発明の好ましい実施例を示せば以下の通りである。

#### 〔実施例〕

集合体平均で約3.0wt%U235濃縮度の

燃料で構成された、12ヶ月運転サイクル、95%負荷率の平衡炉心に適用した本発明の実施例を第1図に1/4炉心につき示す。この実施例では炉心を1/4回転対称としており、全炉心での燃料集合体装荷量は548体である。使用した燃料集合体は、2本のウォーターロッドを有する8×8燃料集合体であり、軸方向24分割ノードにおいて上端と下端にそれぞれ1ノードずつの天然ウラン部分を含み、2~23ノードにかけてガドリニア入りの燃料棒を8または7本用いている。コントロールセルは、図中に×印で示すように、特定の制御棒のまわりの低反応度の4体の燃料集合体により構成されており、炉心中に規則正しく分布配置されている。

第1図において○印を付けた燃料は、直前の平衡サイクルの炉心の燃料のうち、シャーフリングをしなかったものであり、第1図では最大限シャーフリングを拘束した場合を示している。この第1図の炉心の直前のサイクルが従来の平衡炉心であった場合、その炉心配置は丁度第5図に対応し、この新燃料2体と1サイクル燃焼燃料2体からなる対角配置制御棒セルは平衡サイクルと同一の構成になっている。

このようにして、本発明に従って装荷パターンAと装荷パターンBとを連続する各サイクルで交互に永続的に繰り返すことが可能であり、従って実質的にシャーフリング燃料体数が少なくなり、定期点検期間を短縮して設備利用率を向上することができるものである。

装荷パターンの繰り返しの例を第3図および第3A図に示す。図中において2は装荷パターンAからBへ移行するときにシャーフリングせずに固定のままとされる燃料、1は装荷パターンBからAへ移行するときにシャーフリングせずに固定のままとされる燃料である。第3A図に示すように、パターンA、Bが交互に入れ替わり、シャーフリング拘束位置も一方の対角線位置と他方の対角線位置とで交互に入れ替わっていることが判る。尚、第3図において×印の燃料4体で構成されるのはコントロールセル、無印の燃料体は最外周やコント

れと比較して判るように、第1図では、コントロールセルコアの形成において、コントロールセル以外の制御棒セルのうち炉心最外周に位置せず且つ炉心を回転対称な4象限に区画するセンターライン上に位置しない制御棒セルに、新燃料1と1サイクル燃焼燃料2とが2体ずつ対角配置され、平衡サイクルで1サイクル燃焼した燃料2はシャーフリングされずに固定のままであり、平衡サイクルで2サイクルまで燃焼した燃料3は新燃料1と置換えられている。ここで、通常はコントロールセルの燃料は次サイクルでコントロールセルとしては用いないが、座標(8, 8) (8, 9) (9, 8) (9, 9)の位置のコントロールセル燃料についてシャーフリングをせずに固定しているのは、平衡サイクルにおいてこれらの位置をコントロールセルとして用いていないからである。

第1図の装荷パターンをパターンAと呼ぶならば、この装荷パターンAに対して次サイクルで本発明を再び適用した装荷パターンBは第2図に示す通りである。第2図において、本発明に係わるロールセルおよび高燃焼度の燃料体であって次サイクルで熱的制限値等を厳守するためにシャーフリングを必ず行うものを示し、さらに黒塗り三角印を付した燃料体は直前のサイクルでの新燃料ではないがシャーフリング拘束可能なものを示している。

近年、燃料の有効利用および長期サイクル化という要求から核分裂性物質を高濃縮度とし、且つ反応度制御の点から可燃性毒物入り燃料棒を多数本とし、しかも毒物濃度を高くしている状況にあるが、このような燃料設計になると、第4図に示すように、燃料集合体の無限増倍係数  $k_{\infty}$  の特性が燃焼初期で小さくなり、また新燃料の  $k_{\infty}$  は1サイクル燃焼燃料より低く、しかも殆どの場合、2サイクル燃焼燃料よりも低くなっているので、本発明のようにコントロールセルを両側にもつ制御棒セルについて反応度の低い新燃料と反応度の高い1サイクル燃焼燃料とを2体ずつ対角配置することができる。これによって、1サイクル燃焼燃料をできるだけ多く炉心の内側に装荷することができるため、サイクル寿命を長くとる

ことができ、燃料の有効利用の点でも有利となるものである。

本発明により設計した炉心特性を、平衡サイクル、装荷パターーンA、装荷パターーンBのそれぞれについてまとめて第1表に示す。

第1表では、装荷パターーンAにおいてサイクル寿命が若干短くなっているが、これはシャーフリング拘束体数を最大限に多く取ったためであり、装荷パターーンA、Bとともに約40%弱のシャーフリング拘束を行えば、ほぼ平衡サイクルと同一の寿命を得ることができる。尚、このことは装荷パターーンA、Bの平均的なサイクル長さが平衡サイクルのサイクル長さとほぼ同じであることからも判る。このように、平衡サイクルとほぼ同一の炉心性能を装荷パターーンA、Bにおいて達成できるのは、一つには結ての場合で炉心最外周に原則として最も燃焼度の高い燃料を配置したことによるものであり、もう一つには全ての場合で新燃料と1サイクル燃焼燃料との存在を同じにしたことによるものであり、さらには全ての場合で燃的制限値を守

て装荷パターーンを繰り返す場合の例を示す説明図、第3A図は前図の部分的な繰り返しの様子を示す説明図、第4図は燃料集合体の無限倍増特性を示す線図、第5図は従来の平衡炉心の配置を1/4炉心について示す説明図である。

1: 新燃料、2: 1サイクル燃焼燃料、3: 2サイクル燃焼燃料、4: 3サイクル燃焼燃料。

代理人 弁理士 佐藤正年

るために1サイクル燃焼燃料を炉心の内側になるに従って燃焼度が高いものとなるようにしたことによるものである。

#### 〔発明の効果〕

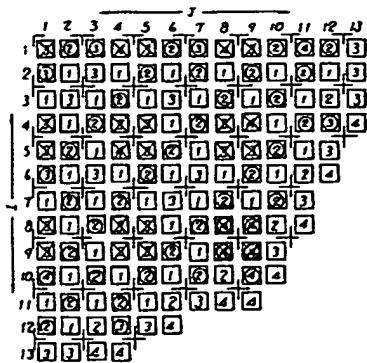
以上に述べたように、本発明によれば、沸騰水型原子炉の運転のサイクル長さを長く取ることができるために、燃料取替体数を少なくすることができ、しかも炉停止余裕、燃的制限値を満足する炉心を構成することができるうえに、サイクル間のシャーフリングを拘束して燃料の移動をできるだけ少なくすることができるため、定期点検期間を短くすることもできる。従ってサイクル長期化および定期点検期間短縮化という原子力発電に要請されている主要項目に対して多大な効果をもたらすものである。

#### 4: 図面の簡単な説明

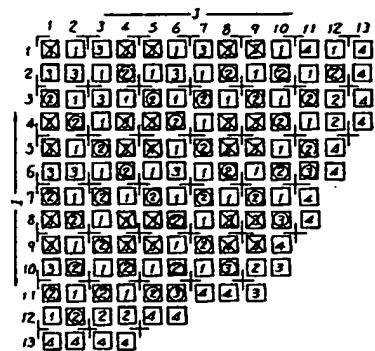
第1図は本発明の実施例に係わる装荷パターーンAの炉心配置を1/4炉心について示す説明図、第2図は前記装荷パターーンAの次サイクルの装荷パターーンBを示す説明図、第3図は本発明に従つ

項 目	12ヶ月運転 平衡サイクル	技術パターーンA (次サイクル)		技術パターーンB (次次サイクル)	
		156(285%)	156(285%)	156(285%)	156(285%)
燃料取替体数	8760	8620	8890	8890	8890
ヘーリング寿命 (MWh/t)	1.74	1.75	1.72	1.72	1.72
ヘーリング計算	1.40	1.41	1.39	1.39	1.39
グロスピーク	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4
バンドルピーク	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5
サイクル初期余剰反応度 ( $\phi\Delta K$ )	1.20	1.17	1.20	1.20	1.20
最小炉停止余裕 ( $\phi\Delta K$ )	1.37	1.36	1.38	1.38	1.38
制御棒計画	—	184(46.9%)	152(38.8%)	152(38.8%)	152(38.8%)
MLHGR (kW/t)	1.20	1.17	1.20	1.20	1.20
MCPR	—	—	—	—	—
シャーフリング拘束体数	—	—	—	—	—

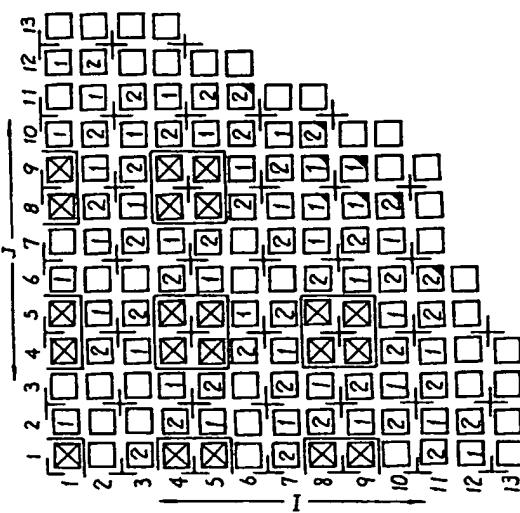
第1図



第2図



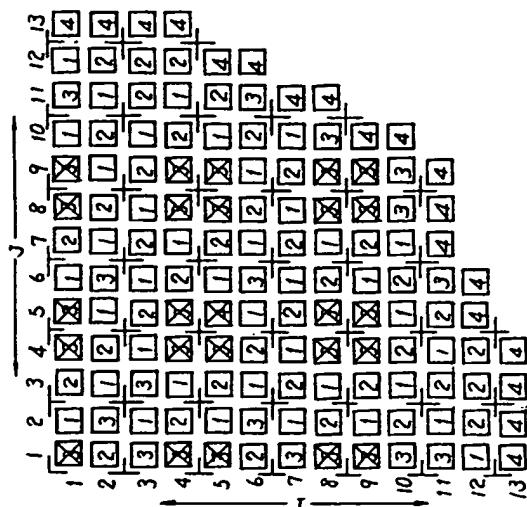
第3図



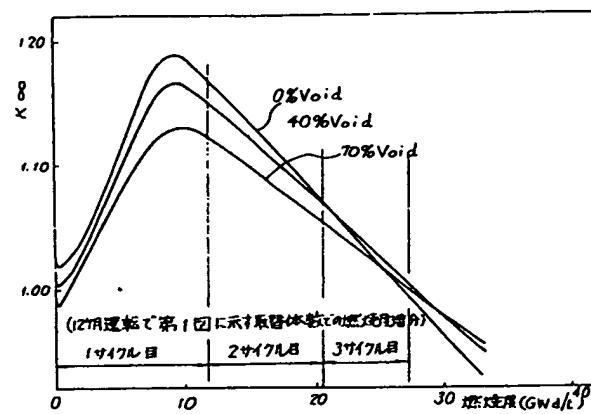
第3A図



第5図



第4図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**